

Docket No.: 04306/0202254-US0
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Roberto H. Pereira et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.: N/A

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: REFRIGERATION SYSTEM

Examiner: Not Yet Assigned

AFFIRMATION OF CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:


Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Brazil	PI 0202997-9	July 16, 2002

In support of this claim, attached is Form PCT/IB/304 evidencing receipt of the priority document on August 5, 2003 during prosecution of International Application No. PCT/BR03/00097.

Dated: January 12, 2005

Respectfully submitted,

By  *FLYNN BARRETT*
(53,970)

Louis J. DelJuidice

Registration No.: 47,522

DARBY & DARBY P.C.

P.O. Box 5257

New York, New York 10150-5257

(212) 527-7700

(212) 753-6237 (Fax)

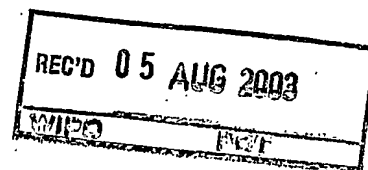
Attorneys/Agents For Applicant

10/521350

003/00097

Rec'd PCT/PTO 12 JAN 2005

PCT/BR 03/00097



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior.
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Patentes

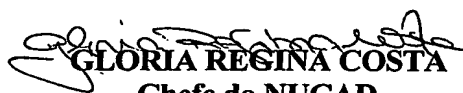
CÓPIA OFICIAL

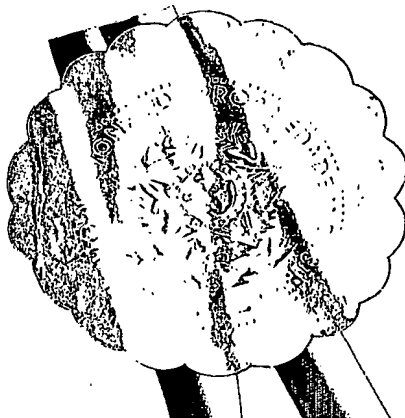
PARA EFEITO DE REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE

O documento anexo é a cópia fiel de um
Pedido de Patente de Invenção
Regularmente depositado no Instituto
Nacional da Propriedade Industrial, sob
Número PI 0202997-9 de 16/07/2002.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Rio de Janeiro, 23 de julho de 2003.


GLÓRIA REGINA COSTA
Chefe do NUCAD
Mat. 00449119



13 Jul 1989 003170

003170

Protocolo
DEPÓSITO DE PATENTE

Número (21)

DEPÓSITO

Pedido de Patente ou de
Certificado de Adição



PI0202997-9

depósito

data de depósito)

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. Depositante (71):

1.1 Nome: EMPRESA BRASILEIRA DE COMPRESSORES S/A - EMBRACO

1.2 Qualificação: Empresa brasileira

1.3 CGC/CPF: 84.720.630/0001-20

1.4 Endereço completo: Rua Rui Barbosa, 1020
Joinville - SC

1.5 Telefone: ()

FAX: ()

☐ continua em folha anexa

2. Natureza:

☒ 2.1 Invenção ☐ 2.1.1. Certificado de Adição ☐ 2.2 Modelo de Utilidade

Escreva, obrigatoriamente e por extenso, a Natureza desejada: **INVENÇÃO**

3. Título da Invenção, do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54):

"SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO"

☐ continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão do pedido nº. _____, de ____/____/____.

5. Prioridade Interna - O depositante reivindica a seguinte prioridade:

Nº de depósito _____ Data de Depósito ____/____/____ (66)

6. Prioridade - o depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito

☐ continua em folha anexa

7. **Inventor (72):**
() Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

7.1 Nome: PAULO ROGÉRIO CARRARA COUTO

7.2 Qualificação: brasileiro, solteiro, engenheiro mecânico, CPF 246.734.668-45

7.3 Endereço: Rua José Dutra 106 - apto. 106 - Bloco 1
Florianópolis - SC

7.4 CEP: 7.5 Telefone ()

☒ continua em folha anexa

8. **Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:**

☐ em anexo

9. **Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):**
(art. 12 da LPI e item 2 do Ato Normativo nº 127/97):

☐ em anexo

10. **Procurador (74):**

10.1 Nome e CPF/CGC: ANTONIO MAURICIO PEDRAS ARNAUD
brasileiro, casado, engenheiro, CPF 212.281.677-53

10.2 Endereço: Rua José Bonifácio, 93 - 7º e 8º andares - Centro
São Paulo - SP

10.3 CEP: 01003-901

10.4 Telefone (011) 3107-4001

11. **Documentos anexados** (assinale e indique também o número de folhas):
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

X	11.1 Guia de recolhimento	1 fls.	X	11.5 Relatório descritivo	13 fls.
X	11.2 Procuração	1 fls.	X	11.6 Reivindicações	4 fls.
	11.3 Documentos de prioridade	fls.	X	11.7 Desenhos	5 fls.
	11.4 Doc. de contrato de Trabalho	fls.	X	11.8 Resumo	1 fls.
	11.9 Outros (especificar):				fls.
X	11.10 Total de folhas anexadas:				25 fls;

12. **Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras**

São Paulo, 16 de julho de 2002


Antonio M. P. Arnaud

Local e Data

Assinatura e Carimbo

JOAQUIM MANOEL GONÇALVES

brasileiro, casado, engenheiro mecânico, CPF 660.526.969-15

residente à Rua Capitão Euclides da Costa, 144 - Bloco B - Joinville - SC

CLÁUDIO MELO

brasileiro, casado, engenheiro mecânico, CPF 298.727.909-49

residente à Rua Acadêmico Reinaldo Consoni, 298

Florianópolis - SC

ROBERTO HORN PEREIRA

brasileiro, casado, engenheiro mecânico, CPF 338.537.979-20

residente à Rua Wolfgang Amon, 235 - Joinville - SC

REINALDO MAYKOT

brasileiro, casado, engenheiro mecânico, CPF 772.238.889-20

residente à Rua Max Colin, 239 - apto. 404

Joinville -SC

P. 00202001

"SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO"

Campo da invenção

Refere-se a presente invenção a um sistema de refrigeração utilizando uma máquina Stirling como fonte de energia térmica a ser transferida a ambientes externos e distanciados do compressor, particularmente dos trocadores de calor (cabeças) desse último.

Antecedentes da invenção

Máquinas Stirling existem há muitos anos, operando nas mais diversas aplicações. Podem e são largamente utilizados como sistemas de geração de movimento (motores), tendo também uma vasta aplicação no campo de geração de energia, através do aproveitamento de fontes de calor.

As máquinas Stirling são também utilizados para refrigeração de ambientes ou em sistemas de refrigeração, principalmente em sistemas de pequena capacidade (abaixo de 100W em check point ASHRAE) e baixas temperaturas de armazenamento (menores que -100°C).

Tais máquinas compreendem uma carcaça hermética, no interior da qual é montado um motor, que pode ser do tipo linear, acionando um pistão que comprime o gás presente no interior da carcaça. São ainda providos, no interior da carcaça hermética, trocadores de calor acoplados a um trocador externo quente ou cabeça quente e outro trocador de calor acoplado a um trocador externo frio, ou cabeça fria, ambos produzidos em um material metálico de boa condutividade térmica, de modo a permitir que sejam capazes de, respectivamente, rejeitar calor para o ambiente externo à máquina e absorver calor de um outro ambiente.

As máquinas Stirling geralmente têm o calor de sua cabeça quente dirigido para um ambiente de liberação de calor e sua cabeça fria associada a um sistema de refrigeração para refrigerar um determinado ambiente.

A máquina Stirling opera utilizando, por exemplo, Hélio como fluido refrigerante, porém outras alternativas de fluido refrigerante podem ser utilizadas, tais como hidrogênio ou nitrogênio tal como descrito na patente

06

US5927079.

As máquinas Stirling necessitam de dispositivos auxiliares que viabilizem a transferência de calor de seu trocador de calor quente para o ambiente para o qual se deseja liberar o calor, bem como dispositivos que viabilizem a absorção de calor do ambiente que se deseja resfriar através da cabeça fria. São conhecidas da técnica algumas construções de dispositivos que permitem a realização destas transferências de calor.

10 A técnica anterior conhecida apresenta diferentes alternativas para possibilitar tal transferência, tais como utilização de trocadores de calor auxiliares do tipo termosifão, como ensinado na patente US6347523, aletamento das cabeças e utilização de um sistema de movimentação
15 auxiliar do ar, utilização de tubos de calor ou "heat pipes", utilização de sistema de bombeamento de fluídos utilizando bombas acionadas por movimento oscilatório, mecânico e elétrico, entre outros.

Em uma das soluções conhecidas da técnica para uso de
20 máquinas Stirling para sistema de refrigeração, descrito na patente US5927079, a refrigeração de um determinado ambiente é realizada através do bombeamento de um fluido de refrigeração, sob baixa temperatura e refrigerado por troca térmica durante sua passagem ao redor da cabeça fria da
25 máquina Stirling, para um evaporador provido no ambiente a ser refrigerado. Nesta construção, o fluido em baixa temperatura, refrigerado na cabeça fria da máquina Stirling, é conduzido, pela tubulação do evaporador, através da utilização de meios de bombeamento dispostos
30 entre a máquina Stirling e o evaporador. Nesta construção, a retirada de calor da cabeça quente da máquina Stirling é obtida pela circulação de água por um circuito fechado passante pela dita cabeça quente da máquina Stirling, circulação esta obtida também por ação de um elemento de
35 bomba montado no circuito de retirada de calor.

Ocorre que estas soluções conhecidas apresentam algumas desvantagens, tais como, no caso dos sistemas que utilizam

ot

termosifão como princípio de funcionamento, a necessidade de nivelamento de partes componentes, como tubulações e trocadores de calor.

No caso das soluções conhecidas que utilizam o aletamento das cabeças e troca de calor com ar, a desvantagem reside no fato de não ser possível conseguir elevadas capacidades de transferência de calor. Nestes sistemas, facilmente se atinge um limite de saturação em relação à capacidade de transferência de calor. Isso ocorre em função da saturação da eficiência do aletamento com o aumento do comprimento e/ou diminuição da distância entre aletas, ou até mesmo pela impossibilidade de se encontrar equipamentos de movimentação de ar com capacidade suficiente para serem atingidos os níveis de pressão e de vazão requeridos para determinadas capacidades de transferência de calor. Além disso, tais soluções promovem um aumento de nível de vibrações do sistema de refrigeração e diminuição da confiabilidade, em função da grande quantidade de partes móveis que possuem. As soluções conhecidas pela utilização de "heat pipes" apresentam ainda as desvantagens de: uma elevada perda de carga do sistema em função da necessidade de material poroso fora da região de evaporação, com uma diminuição da capacidade de transferência de calor a grandes distâncias.

25 Objetivos da invenção

Assim, é um objetivo da presente invenção prover um sistema de refrigeração utilizando uma máquina Stirling e que permita uma eficiente refrigeração de ambientes, sem os problemas observados nas soluções conhecidas, tais como baixa capacidade de transferência de calor, perda de carga no sistema e baixa confiabilidade.

Um outro objetivo da presente invenção é prover um sistema de refrigeração tal como acima citado e que diminua a necessidade de nivelamento de partes componentes do sistema, como tubulações e trocadores de calor.

Um objetivo adicional da presente invenção é prover um sistema tal como acima proposto e que apresente um mínimo

de peças móveis, reduzindo a possibilidade de ocorrência de vibração no sistema de refrigeração.

Sumário da invenção

Estes e outros objetivos são alcançados através de um sistema de refrigeração do tipo que compreende: uma máquina Stirling tendo uma porção de aquecimento e de uma porção de resfriamento; uma câmara de resfriamento; um primeiro dispositivo de transferência de energia térmica, operativamente associado à porção de resfriamento e à câmara de resfriamento, para transferir calor dessa última para a porção de resfriamento por meio de um fluido circulante; um segundo dispositivo de transferência de energia térmica, operativamente associado a um meio receptor de calor, externo à dita máquina, e à porção de aquecimento desse último, para transferir calor da porção de aquecimento para o meio receptor de calor por meio de um fluido circulante.

De acordo com a invenção, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica compreende pelo menos uma bomba capilar montada na câmara de resfriamento, de modo a evaporar, com o calor absorvido dessa última e pela ação de capilaridade induzida durante a passagem do fluido pela bomba capilar, o fluido circulante recebido em dita bomba capilar; um condensador operativamente acoplado à porção de resfriamento da máquina Stirling, de modo a condensar o fluido circulante recebido, no estado gasoso, da bomba capilar; e tubos para conduzi-rem em circuito fechado, o fluido circulante, no estado líquido, do condensador para a bomba capilar e, no estado gasoso, dessa última para o condensador.

Breve descrição dos desenhos

A invenção será a seguir descrita com referência aos desenhos anexos, dados a título de exemplo de uma configuração preferida e nos quais:

A figura 1 representa, esquematicamente e em perspectiva, o sistema de refrigeração da presente invenção, estando a máquina Stirling operativamente associada a um ambiente a

ser refrigerado;

A figura 2 representa, esquematicamente e em perspectiva, uma construção de dispositivo de transferência de energia térmica do sistema de refrigeração da presente invenção;

5 A figura 3 representa uma vista em corte longitudinal de uma primeira construção de bomba capilar da presente invenção, acionada pelo calor retirado do ambiente a ser refrigerado;

10 As figuras 4, 5 e 6 representam vistas em corte transversal da primeira construção de bomba capilar, tomados segundo as linhas IV-IV, V-V e VI-VI, respectivamente, da figura 3;

A figura 7 representa uma vista em perspectiva, um tanto esquemática e parcialmente cortada, de uma segunda construção de bomba capilar da presente invenção, acionada por calor retirado da porção de aquecimento da máquina Stirling;

A figura 8 representa uma vista em corte transversal diametral da segunda construção de bomba capilar ilustrada na figura 7;

20 A figura 9 representa um corte transversal da bomba capilar da figura 7, tomado segundo a linha IX-IX da figura 8; e

A figura 10 representa um corte transversal da bomba capilar da figura 7, tomado segundo a linha X-X da figura 8.

25 Descrição detalhada da configuração ilustrada

O sistema de refrigeração da presente invenção compreende uma máquina Stirling 1, por exemplo do tipo que utiliza um motor linear, operativamente associado a um primeiro e um segundo dispositivo de transferência de energia térmica 2, 3, sendo um destes últimos operativamente acoplado a uma câmara de resfriamento 4. No exemplo de construção ilustrado, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 é aquele associado à câmara de resfriamento 4.

35 A máquina Stirling 1 compreende, convencionalmente, uma porção de aquecimento 1a e uma porção de resfriamento 1b, cada uma estando operativamente conectada a um dos primeiro

10

e segundo dispositivos de transferência de energia térmica 2, 3, conforme descrito adiante.

De acordo com a presente invenção, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 contém um primeiro fluido circulante, para transferir energia térmica entre a porção de resfriamento 1b da máquina Stirling 1 e a câmara de resfriamento 4, sendo que o segundo dispositivo de transferência de energia térmica 1b contém um segundo fluido circulante, para transferir energia térmica entre a porção de aquecimento 1a da máquina Stirling 1 e um meio receptor de calor, que pode ser e geralmente o é a atmosfera ou ar ambiente, mantendo-se um certo afastamento da máquina.

Em uma forma de realização da presente invenção, os primeiro e segundo fluidos circulantes são iguais e definidos, por exemplo, mas não de forma exclusiva, por pelo menos um dos elementos selecionados do grupo consistindo de éter, água e álcool. Deve ser salientado que outros tipos de fluidos circulantes são possíveis e não alteram o escopo de proteção aqui requerido.

De acordo com a presente invenção, em um ou ambos os primeiro e segundo dispositivos de transferência de energia térmica 2, 3 é provida pelo menos uma bomba capilar, a ser descrita adiante e através da qual é feito passar um respectivo fluido circulante recebido em estado líquido e que, durante a passagem por dita bomba capilar, é submetido a uma mudança de fase, passando do estado líquido para um estado gasoso. Cada um de ditos primeiro e segundo dispositivos de transferência de energia térmica 2, 3 compreende também um respectivo trocador de calor no qual o respectivo fluido circulante proveniente da bomba capilar e em estado gasoso é submetido a uma mudança de estado, passando para o estado líquido.

De acordo com a presente invenção, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 compreende pelo menos uma bomba capilar 10 associada à câmara de resfriamento 4 e apresentando: uma carcaça 11, hermética, e provida de uma

entrada 11a de fluido circulante no estado líquido e de uma saída 11b, de fluido circulante no estado gasoso, disposta distanciada da entrada 11a e separada dessa última por um meio poroso 12, alojado no interior da carcaça 11 e através do qual o fluido circulante é feito passar em seu trajeto, de um lado de entrada para um lado de saída do meio poroso, enquanto muda do estado líquido para o estado gasoso, por evaporação provocada por uma fonte de calor a que é exposta uma região da carcaça 11 e também por ação da perda de carga gerada na passagem do fluido pelo material poroso contra a qual é assentado o lado de saída do meio poroso 12 e na qual é provida a saída 11b.

No primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 a fonte de calor é representada pelo ar que é feito passar, preferivelmente em fluxo de ar forçado, pelo interior da câmara de resfriamento 4, na qual é montada a bomba capilar 10 ou o conjunto de bombas capilares 10 acionadas pelo calor retirado de um ambiente qualquer a ser refrigerado. Nessa construção, o fluido circulante no estado líquido, que é fornecido à bomba capilar 10, é proveniente de um trocador de calor na forma de um condensador 20, operativamente acoplado à porção de resfriamento 1b da máquina Stirling 1, para transferir, à referida porção de resfriamento 1b, o calor que o fluido circulante absorveu ao mudar para o estado gasoso na bomba capilar 10, condensando-o e permitindo seu retorno, no estado líquido, de volta à entrada 11a da carcaça 11 da bomba capilar 10.

Conforme pode ser observado pelas figuras 1 e 2, a bomba capilar 10 ou o conjunto de bombas capilares 10 é conectado ao condensador 20 por um par de tubos 30, 40, um deles estando acoplado à entrada 11a de fluido circulante no estado líquido em cada bomba capilar 10, enquanto o outro tubo é acoplado à saída 11b de fluido circulante no estado gasoso de cada bomba capilar 10.

Na configuração ilustrada, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 compreende uma

pluralidade de bombas capilares 10 dispostas em paralelo em relação ao respectivo circuito fechado de fluido circulante e montadas no interior da câmara de resfriamento 4, para operarem, em conjunto, como um evaporador para evaporar o fluido circulante utilizando o calor do fluxo de ar F feito passar pela referida câmara de resfriamento 4.

Na construção ilustrada nas figuras 2 a 6, cada bomba capilar 10 tem sua carcaça 11 definida por um tubo alongado, construído em qualquer material adequado apresentando elevada condutividade térmica e sendo transversalmente incorporada a uma pluralidade de aletas 13, trocadoras de calor paralelas e distanciadas entre si e arranjadas de modo geralmente paralelo à direção do fluxo de ar F a ser resfriado e que é feito passar pelo referido evaporador definido por pluralidade de bombas capilares 10. Na referida configuração das figuras 2 a 6, a carcaça 11, em tubo alongado, tem um extremo definindo a entrada 11a e o extremo oposto definindo a saída 11b de fluido circulante, ditas entrada 11a e saída 11b sendo separadas por um meio poroso 12 fixado no interior da carcaça 11 e apresentando também um formato tubular, tendo um extremo aberto adjacente à entrada 11a para receber, no interior do meio poroso 12, o fluido circulante no estado líquido e um extremo oposto fechado adjacente à saída 11b da carcaça 11. O meio poroso 12 tem seu diâmetro externo dimensionado para permitir o assentamento junto, e de certo modo hermético, em relação à superfície interna da carcaça 11.

Para que o fluido circulante atravessasse radialmente a espessura anelar do meio poroso 12, enquanto é evaporado para o estado gasoso, e seja captado para prosseguir em seu trajeto pela saída 11b e pelo tubo 40 em direção ao condensador 20, são formadas passagens longitudinais 12a entre o meio poroso 12 e a carcaça 11, as quais têm um extremo fechado pelo próprio meio poroso 12 próximo à entrada 11a e um extremo oposto aberto para a saída 11b.

Na configuração ilustrada, as passagens longitudinais 12a são obtidas pela provisão de respectivas ranhuras

longitudinais na superfície externa do meio poroso 12. Deve ser entretanto entendido que essas nervuras poderiam ser também providas ao longo da superfície interna da carcaça 11. 14

- 5 Considerando que o condensador 20 do primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 cede calor, do fluido circulante em estado gasoso, para a porção de resfriamento 1b da máquina Stirling 1, esse condensador 20 apresenta, preferivelmente, uma carcaça anelar cilíndrica 21, com uma
- 10 parede interna assentada em torno da porção de resfriamento 1b, de modo a poder transferir calor, por condução, para este último.

A construção interna do condensador 20 pode ser realizada de diferentes maneiras que permitam uma eficiente troca

15 térmica entre o fluido circulante e a porção de resfriamento 1b da máquina Stirling 1.

De qualquer modo, a carcaça 21 do condensador 20 é provida de uma entrada 21a e de uma saída 21b respectivamente conectadas aos tubos 30, 40, sendo a entrada 21a e a saída

20 21b interligadas no interior da carcaça 21 por um meio de conexão qualquer, como uma serpentina imersa em um meio condutor de calor, por exemplo um líquido em contato direto e simultâneo com a parede interna da carcaça 21 e com o meio de interligação da entrada 21a com a saída 21b.

- 25 Conforme já mencionado em relação ao evaporador do primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2, o condensador 20 deve ter sua carcaça 21 e suas partes componentes internas construídas em material de elevada condutividade térmica e que resista às condições
- 30 operacionais do sistema e ao fluido circulante utilizado.

De acordo com o acima descrito, o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica 2 é construído para retirar calor da câmara de resfriamento 4 por meio de um fluido circulante que é impulsionado apenas por um

35 evaporador que opera, em conjunto com um condensador, na forma de um conjunto de bombas capilares 10 dispostas em paralelo. O condensador é montado na porção de resfriamento

da máquina Stirling que funciona como fonte absorvedora do calor retirado, pelo evaporador, do ambiente a ser refrigerado.

Ocorre, entretanto, que o calor gerado na porção de aquecimento 1a da máquina Stirling 1 tem que ser transferido para um meio externo que possa absorver esse calor. Essa é a função do segundo dispositivo de transferência de energia térmica 3 que também se utiliza de um fluido circulante para absorver calor da máquina Stirling e libera-o para a atmosfera ou ar ambiente, conforme já mencionado anteriormente.

De acordo com a construção ilustrada nas figuras 1, 7, 8, 9 e 10, o segundo dispositivo de transferência de energia térmica 3 compreende uma bomba capilar 50 apresentando uma carcaça 51 de formato anelar, hermética e provida de uma entrada externa 51a de fluido circulante no estado líquido e de uma saída interna 51b de fluido circulante no estado gasoso, disposta distanciada da entrada 51a e separada dessa última por um meio poroso 52, também de formato anelar, alojado no interior da carcaça 51 e através do qual o fluido circulante é feito passar em seu trajeto, enquanto muda do estado líquido para o estado gasoso, por evaporação provocada por uma fonte de calor colocada em contato com a parede interna da carcaça 51 anelar cilíndrica e também por ação da perda de carga gerada na passagem do fluido pelo material poroso.

Na construção acima considerada, a fonte de calor é definida pela porção de aquecimento 1a da máquina Stirling 1, em torno da qual é fixada, em contato direto, a parede interna da carcaça 51 da bomba capilar 50. O fluido circulante, no estado líquido, é fornecido à bomba capilar 50 a partir de um condensador 60 posicionado a uma certa distância da máquina Stirling 1, para transferir, para a atmosfera, o calor que o fluido circulante absorveu ao mudar para o estado gasoso na bomba capilar 50, condensando-o e permitindo seu retorno, no estado líquido, de volta à entrada 51a da carcaça 51 da bomba capilar 50. O

fluido circulante é deslocado em tubos 70, 80 que interligam a entrada 51a e a saída 51b da bomba capilar 50, respectivamente a uma saída 61b e a uma entrada 61a do condensador 60.

- 5 Na configuração ilustrada, a bomba capilar 50, do segundo dispositivo de transferência de energia térmica 3, apresenta a entrada 51a disposta radial e medianamente aberta para um vão anelar 52a definido entre o meio poroso 52 e a parede externa da carcaça 51 anelar, para permitir
- 10 que o fluido circundante, no estado líquido, seja alimentado homogeneamente em torno do meio poroso 52. Os extremos axiais opostos do vão anelar 52a são fechados pelo próprio assentamento do meio poroso 52 com a parede externa da carcaça 51.
- 15 No exemplo construtivo ilustrado, o vão anelar 52a é obtido pela provisão de um rebaixo circunferencial externo no meio poroso 52, devendo ser ainda entendido que o referido rebaixo poderia ser também provido na superfície interna da parede externa da carcaça 51.
- 20 Com a construção acima descrita, o fluido circulante no estado líquido penetra no vão anelar 52a através da entrada 51a e inicia seu trajeto radial para dentro, através da espessura do meio poroso 52, enquanto é evaporado para o estado gasoso, e seja captado para prosseguir seu trajeto
- 25 pela saída 51b e pelo tubo 80 em direção ao condensador 60. Para tanto, são formadas passagens longitudinais 53 entre o meio poroso 52 e a parede interna da carcaça 51, ditas passagens longitudinais, que podem ser definidas por ranhuras na parede interna da carcaça 51, sendo
- 30 circunferencialmente interligadas por um canal 54, geralmente posicionado junto a um dos extremos do meio poroso 52 e com o interior do qual se comunica a saída 51b. Na configuração ilustrada, o canal 54 é definido por um rebaixo circunferencial interno praticado no meio poroso
- 35 52.

A parede interna da carcaça 51 é configurada e dimensionada para assentar-se em torno da porção de aquecimento 1a da

1.2

5

10

25

30

35

de transferência de energia térmica, em função de forças capilares geradas pela diferença de tensão superficial em relação ao diferencial de temperatura em cada dispositivo de transferência de energia térmica.

5 O sistema de refrigeração da presente invenção pode ser ainda provido, embora não ilustrado, de um sistema de neutralização dinâmica de vibrações que minimiza a transmissão das vibrações geradas pelo movimento alternado do pistão do motor linear da máquina Stirling 1 para a
10 carcaça e/ou demais componentes aos quais dita máquina é conectada. Estes componentes encontram-se montados no interior da carcaça hermética, que suporta os componentes e promove a estanqueidade necessária aos processos de compressão e expansão do gás nela contido.

15 O sistema de refrigeração da presente invenção provê um sistema de bombeamento, por forças capilares, que minimiza as dificuldades de nivelamento entre sistema, tubulações e trocadores de calor.

O sistema de refrigeração da presente invenção permite
20 também o alcance de elevada capacidade de transferência de calor, por apresentar reduzida perda de carga do sistema e com isso permitindo uma maior capacidade de transferência de calor a grandes distâncias.

Além das vantagens acima, o sistema de refrigeração da
25 presente invenção permite elevados níveis de confiabilidade por não possuir partes móveis e ser protegido de vibrações.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de refrigeração compreendendo:

- uma máquina Stirling (1) tendo uma porção de aquecimento (1a) e uma porção de resfriamento (1b);

5 - uma câmara de resfriamento (4);

- um primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2), operativamente associado à porção de resfriamento (1b) e à câmara de resfriamento (4), para transferir calor dessa última para a porção de resfriamento (1b) por meio de um fluido circulante;

10 - um segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3), operativamente associado a um meio receptor de calor, externo à dita máquina, e à porção de aquecimento (1a) desse último, para transferir calor da porção de aquecimento (1a) para o meio receptor de calor por meio de um fluido circulante, caracterizado pelo fato de o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2) compreender pelo menos uma bomba capilar (10) montada na câmara de resfriamento (4), de modo a evaporar, com o calor absorvido dessa última e por ação da perda de carga gerada na passagem do fluido pela bomba capilar, o fluido circulante recebido em dita bomba capilar (10); um condensador (20) operativamente acoplado à porção de resfriamento (1b) do compressor Stirling (1), de modo a condensar o fluido circulante recebido, no estado gasoso, da bomba capilar (10); e tubos (30, 40) para conduzi-rem em circuito fechado, o fluido circulante, no estado líquido, do condensador (20) para a bomba capilar (10) e, no estado gasoso, dessa última para o condensador (20).

20
25
30 2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3) compreender uma bomba capilar (50) operativamente acoplada à porção de aquecimento (1a) da máquina Stirling (1), de modo a evaporar, com o calor absorvido de dita porção de aquecimento (1a) e por ação da perda de carga gerada na passagem do fluido pela bomba capilar, o fluido circulante recebido em dita bomba capilar

(50); um condensador (60) operativamente associado a um meio receptor de calor externo à máquina Stirling (1), de modo a condensar o fluido circulante recebido, no estado gasoso, da bomba capilar (50); e tubos (70, 80) para conduzírem, em circuito fechado, o fluido circulante, no estado líquido, do condensador (60) para a bomba capilar (50) e, no estado gasoso, dessa última para o condensador (60).

3. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de a bomba capilar (10, 50) compreender uma carcaça (11, 51) provida de uma entrada (11a, 51a) de fluido circulante no estado líquido e de uma saída (11b, 51b) de fluido circulante no estado gasoso, distanciada da entrada (11a, 51a) e separada dessa última por um meio poroso (12, 52) alojado no interior da carcaça (11, 51) e através do qual o fluido circulante é feito passar, através da geração da dita perda de carga, de um lado de entrada para um lado de saída do meio poroso (12, 52), por diferença de pressão entre ambos, enquanto muda do estado líquido para o estado gasoso, por evaporação, no lado de saída do meio poroso (12, 52) exposto ao calor recebido de uma das partes de câmara de resfriamento (4) e porção de aquecimento (1a) da máquina Stirling (1).

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de a bomba capilar (10), do primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2), ter uma carcaça (11) em forma de tubo alongado transpassando e sendo transversalmente incorporado a uma pluralidade de aletas (13) trocadoras de calor, dispostas paralelamente à direção de um fluxo de ar (F) a ser resfriado e que é feito passar pela bomba capilar (10), um dos extremos da carcaça (11) definindo a entrada (11a) e o extremo oposto definindo a saída (11b) da bomba capilar (10), sendo o meio poroso (12) de formato tubular, tendo um extremo aberto para a entrada (11a) e um extremo oposto fechado e adjacente à saída (11b) e sendo ainda providas passagens longitudinais (12a) entre o meio poroso (12) e a carcaça (11), tendo extremos

fechados e adjacentes à entrada (11a) e extremos opostos abertos para a saída (11b) da carcaça (11), ditas passagens longitudinais dirigindo o fluido circulante, já no estado gasoso, para a saída (11b) da carcaça (11).

5 5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de as passagens longitudinais (12a) serem definidas por ranhuras longitudinais providas no meio poroso (12).

10 6. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de ser provida uma pluralidade de carcaças (11) conectadas em paralelo, incorporadas a uma pluralidade de aletas (13) e montadas no interior da câmara de resfriamento (4).

15 7. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de a bomba capilar (50) do segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3) apresentar uma carcaça (51) de formato anelar com uma parede externa recebendo a entrada (51a) e com uma parede interna associada à saída (51b), sendo o meio poroso (52) em formato anelar e alojado
20 no interior da carcaça (51), de modo a ser assentado contra as paredes interna e externa de dita carcaça (51), sendo ainda provido um vão anelar (52a) entre o meio poroso (52) e a parede externa da carcaça (51) e para o interior do qual é aberta a entrada (51a), uma pluralidade de passagens
25 longitudinais (53) entre o meio poroso (52) e a parede interna da carcaça (51) e um canal (54) interligando circunferencialmente as passagens longitudinais (53) e estando aberto para a saída (51b) da carcaça (51).

30 8. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de o vão anelar (52a) ser definido por um rebaixo circunferencial externo provido no meio poroso (52).

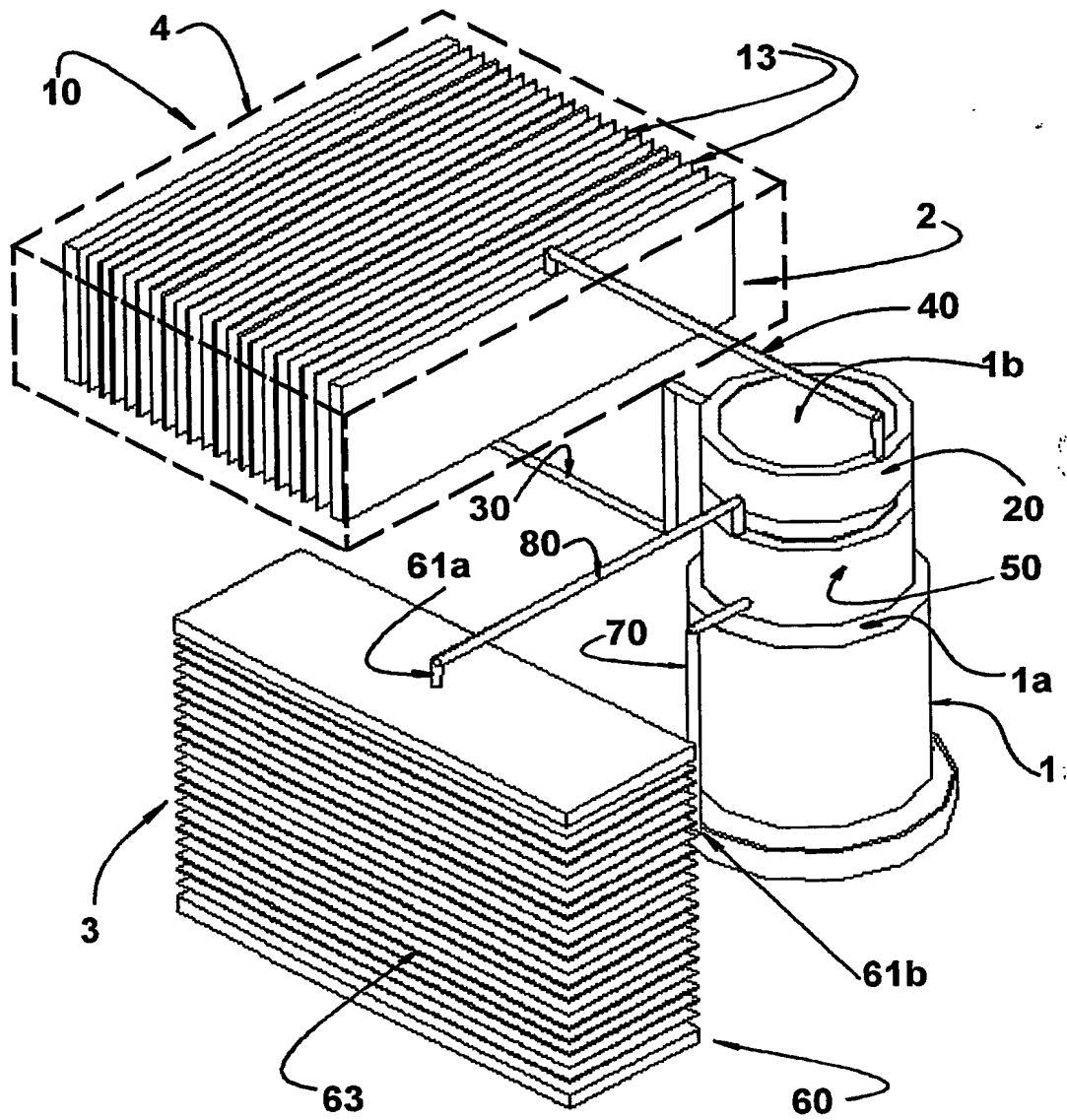
35 9. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de o canal (54) ser definido por um rebaixo circunferencial interno praticado junto a um dos extremos do meio poroso (52).

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de as passagens longitudinais (53) serem

definidas por ranhuras providas na parede interna da carcaça (51).

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o condensador (20) do primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2) compreender uma carcaça anelar (21) com uma parede interna assentada em torno da porção de resfriamento (1b) da máquina Stirling (1), de modo a poder transferir calor, por condução, para este último, dita carcaça (21) sendo provida de uma entrada (21a) e de uma saída (21b) respectivamente conectadas aos tubos (40, 30) de condução de fluido circulante no estado gasoso e no estado líquido, sendo a entrada (21a) e a saída (21b) interligadas no interior da carcaça (21).

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o condensador (60) do segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3) compreender uma pluralidade de carcaças tubulares (61) conectadas em paralelo e transversalmente incorporadas a uma pluralidade de aletas (63), ditas carcaças (61) tendo um extremo definindo uma entrada (61a) conectada ao tubo (80) de condução de fluido circulante no estado gasoso e um extremo oposto definindo uma saída (61b) conectada ao tubo (70) de condução de fluido circulante no estado líquido, ditas carcaças tubulares (61) e ditas aletas (63) cedendo calor ao meio ambiente no qual é montado o condensador (60).

**FIG. 1**

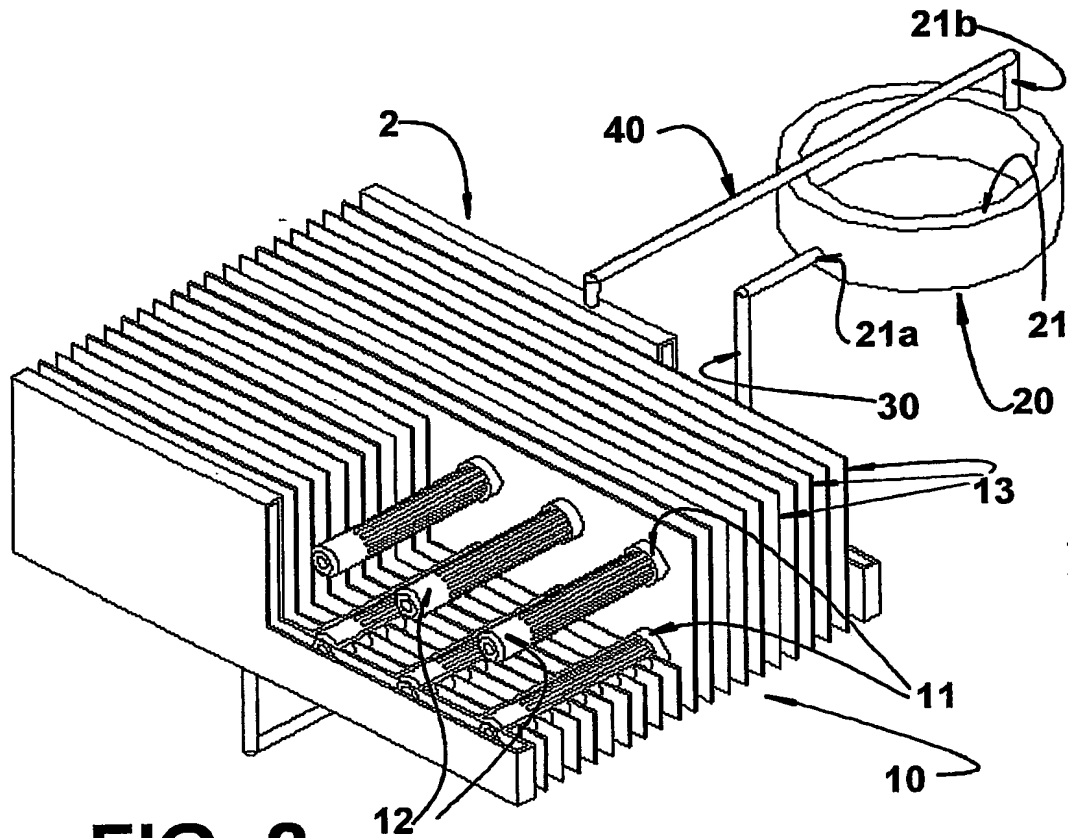


FIG. 2

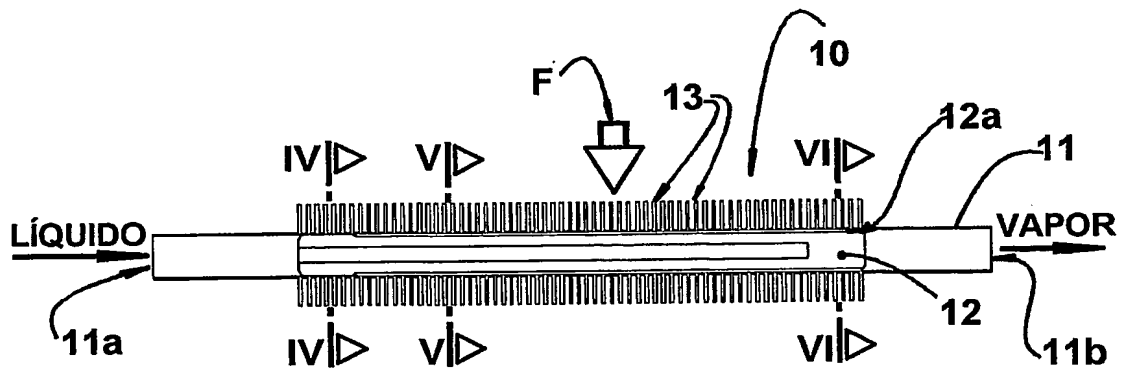


FIG. 3

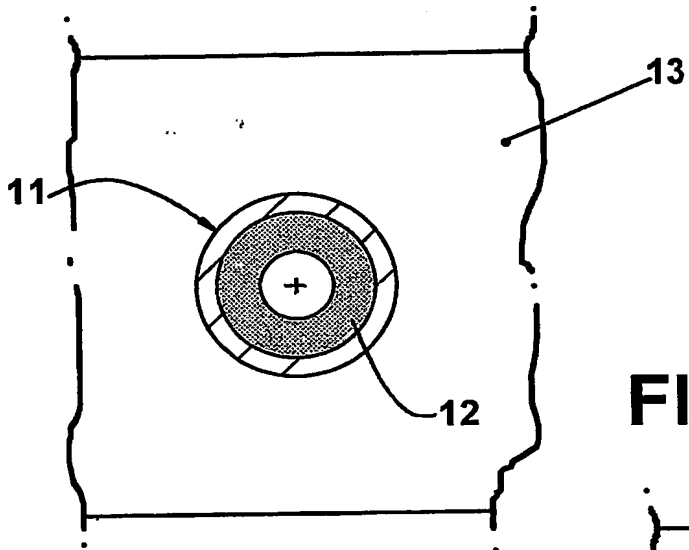


FIG. 4

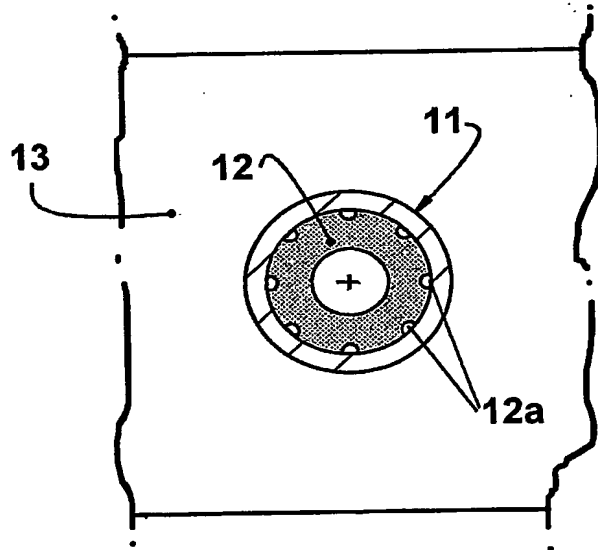


FIG. 5

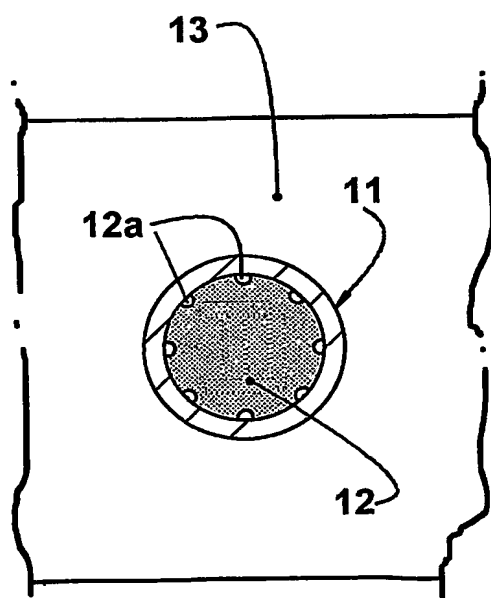
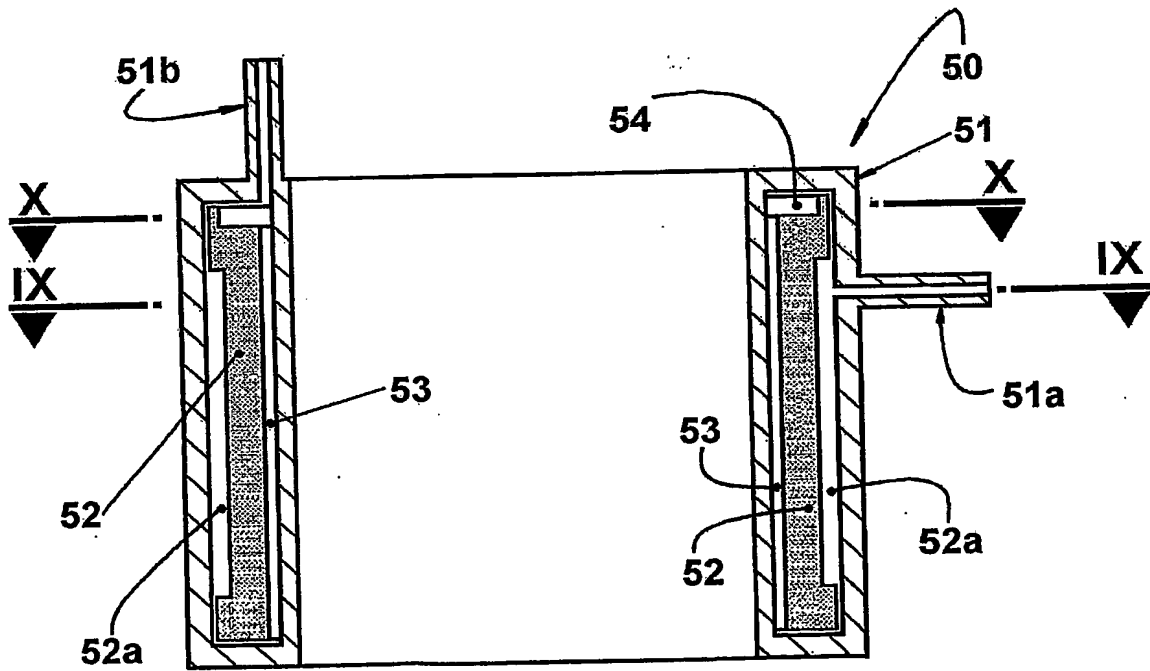
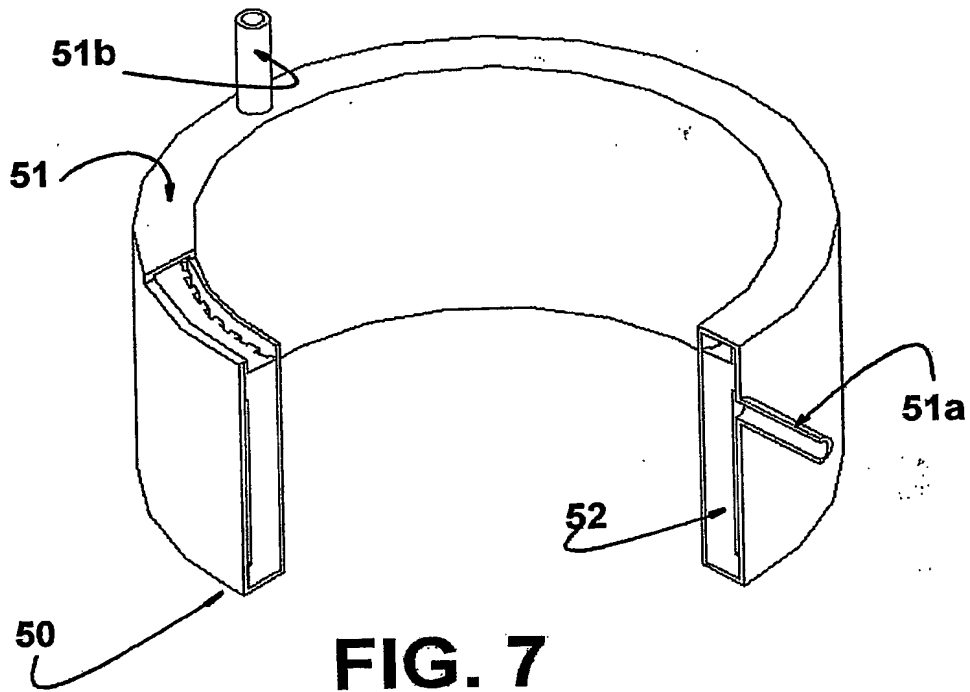


FIG. 6



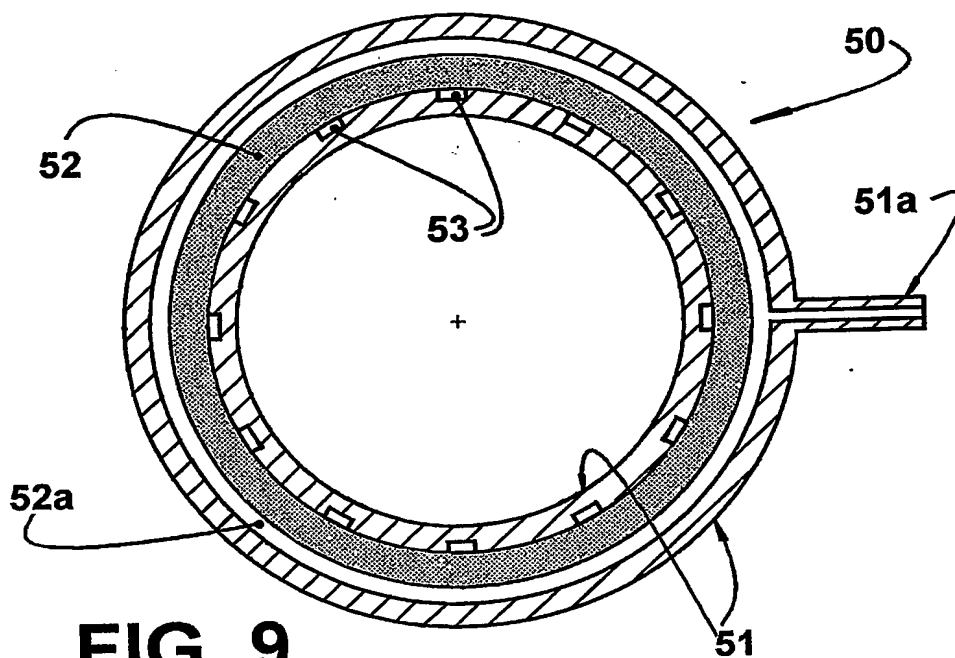


FIG. 9

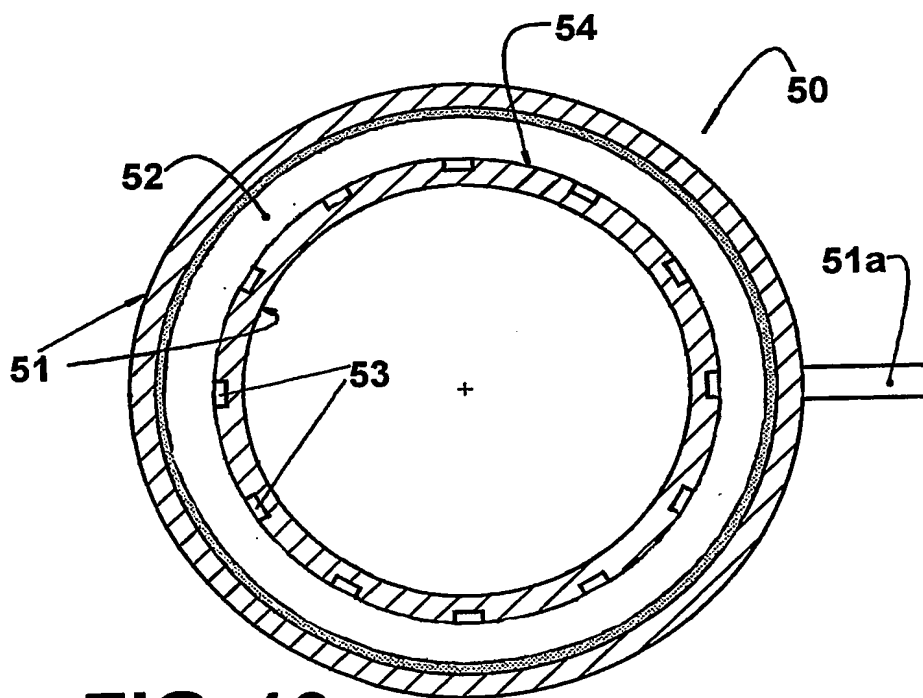


FIG. 10

RESUMO

"SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO" compreendendo: uma máquina Stirling (1); uma câmara de resfriamento (4); um primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2),
5 operativamente associado a uma porção de resfriamento (1b) da máquina e à câmara de resfriamento (4); um segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3), operativamente associado a um meio receptor de calor, externo à dita máquina, e a uma porção de aquecimento (1a)
10 dessa última, sendo que o primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2) compreende: pelo menos uma bomba capilar (10) montada na câmara de resfriamento (4), de modo a evaporar, com o calor absorvido dessa última, o fluido circulante recebido em dita bomba capilar
15 (10); um condensador (20) operativamente acoplado à porção de resfriamento (1b) da máquina Stirling (1), de modo a condensar o fluido circulante recebido, no estado gasoso, da bomba capilar (10); e tubos (30, 40) para conduzi-rem em circuito fechado, o fluido circulante entre a bomba capilar
20 (10) e o condensador (20). O segundo dispositivo de transferência de energia térmica (3) compreende os elementos constitutivos tal como do primeiro dispositivo de transferência de energia térmica (2), mas tendo uma bomba capilar (50) operativamente acoplada à porção de aquecimento (1a) da máquina Stirling (1) e um condensador
25 (60) operativamente associado a um meio receptor de calor externo à máquina Stirling (1).